

Archeologia e Calcolatori
22, 2011, 217-241

ANALISI DI FABRIC IN ARCHEOLOGIA: PROPOSTA DI UN METODO PER LA RACCOLTA, L'ELABORAZIONE E L'INTERPRETAZIONE DEI DATI

1. INTRODUZIONE

Il termine “fabric” è comune a diverse discipline scientifiche, in particolare alle scienze della terra, ma assume significati differenti a seconda degli ambiti di ricerca: con diversa accezione, infatti, l'analisi di fabric si ritrova in micromorfologia¹, in petrografia (SHERBON HILLS 1972, 402-416), nello studio della ceramica antica² e in sedimentologia dove per fabric si intende «the orientation of particular dimensions of the constituent clasts» (COLLINSON, THOMPSON 1989, 116)³.

Strettamente connesso al concetto sedimentologico è il significato di fabric in archeologia: esso è descritto generalmente come «the study of the orientation and dip of the artefacts» (LENOBLE, BERTRAN 2004, 457)⁴ e trova una più completa definizione nelle parole di BERTRAN, TEXIER (1995, 522): «The term ‘fabric’ refers to the spatial attitude of objects such as clasts and lithic or bone artefacts lying within a geological layer. This attitude is quantified by the measurement of the strike and dip of a suitable aspect of the objects, i.e. the long axis (a) or the plane of maximum projection (ab)». A differenza del concetto sedimentologico, dunque, il fabric archeologico pone maggiormente l'accento sulle componenti antropiche di un deposito e tiene conto non solo dell'orientamento degli elementi naturali, ma anche dell'assetto degli oggetti realizzati o modificati dall'uomo. L'uno e l'altro hanno come obiettivo primario la comprensione delle cause della formazione di un deposito (sedimentologico o archeologico) e delle dinamiche alla base delle sue trasformazioni post-deposizionali attraverso lo studio dell'assetto spaziale degli elementi che lo compongono.

Tuttavia, ciò che manca nelle definizioni sopra riportate è un chiaro riferimento alla componente geometrica e topografica del fabric: infatti, lo

¹ «Soil fabric deals with the total organization of a soil, expressed by the spatial arrangement of the soil constituents (solid, liquid and gaseous) their shape, size and frequency, considered from a configurational, functional and genetic viewpoint» (BULLOCK *et al.* 1985, 17). Cfr. anche KUBIENA 1938; BREWER, SLEEMAN 1960; CREMASCHI, RODOLFI 1991, 143-144; STOOPS 2008, 459.

² «Fabric analysis is the study and classification of pottery using the characteristics of the clay body from which the pottery is made» (ORTON, TYERS, VINCE 1993, 67).

³ Cfr. anche RICCI LUCCHI 1980, 180-181 e GOLDBERG, MACPHAIL 2006, 19-20: «... fabric relates to the orientation and packing of grains, which is commonly a function of flow direction».

⁴ «One aspect of fabric analysis is the study of the orientations of clasts ...» (MCPHERRON 2005, 1003). Cfr. anche BENITO-CALVO *et al.* 2009, 2566.

studio della direzione (“strike”) e dell’inclinazione (“dip”) degli elementi costituenti un deposito non può prescindere dall’analisi delle reciproche relazioni topologiche che tali componenti instaurano tra loro e con lo spazio circostante. Questo secondo aspetto rappresenta un elemento essenziale per la comprensione delle caratteristiche e della storia di qualsiasi contesto, soprattutto se antropico, e costituisce una componente necessaria per la corretta e completa interpretazione degli stessi valori angolari di orientazione. In maniera più estesa, quindi, il fabric archeologico potrebbe essere definito come la misura e la descrizione dell’assetto spaziale di un qualsiasi deposito archeologico, definite dai valori angolari di direzione e di inclinazione delle sue singole componenti (naturali e/o artificiali) e dalla qualità dei rapporti spaziali che esse intrattengono reciprocamente e con l’ambiente esterno.

In questo senso lo studio del fabric può essere pienamente inserito nel novero delle analisi spaziali e deve essere affrontato con gli strumenti ad esse pertinenti, in primis i geodatabase e i GIS: ciò che cambia rispetto ad uno studio spaziale tradizionale è la scala (dal territorio al ciottolo) e i riferimenti topografici in quanto i dati vengono analizzati non solo all’interno di uno spazio cartesiano definito dalle coordinate x, y, z , ma anche all’interno di uno spazio sferico descritto da coordinate angolari.

Partendo da tali considerazioni, in questo contributo si intende presentare alcune novità concettuali e metodologiche apportate alla tradizionale analisi di fabric in ambito archeologico, novità tutt’altro che definitive, ma ancora in corso di elaborazione e sperimentazione. Le idee di seguito esposte si sono sviluppate nel corso delle pluriennali campagne di scavo dell’Università di Padova, sotto la direzione scientifica della dott.ssa M.S. Busana, sul sito romano imperiale di Posmon, lotto 14, presso Montebelluna (Treviso). Tali indagini hanno portato all’individuazione di un edificio produttivo, attivo tra I e II secolo d.C. e caratterizzato dalla presenza di considerevoli tracce di attività metallurgica (Fig. 1). La struttura, articolata in otto ambienti disposti attorno ad una corte centrale scoperta, era definita da muri con zoccolo in filari alternati di pietre e frammenti laterizi (tegole e coppi) legati da argilla scarsamente depurata e alzato in argilla cruda. Le coperture erano realizzate con coppi e tegole di diverse dimensioni, poggianti su una travatura in legno. La presenza di almeno cinque focolari, di tre vasche, di una piccola fornace e, soprattutto, il recupero di numerose scorie relative alla lavorazione del ferro (in particolare nel vano S-E dell’edificio) accertano la destinazione produttiva del complesso che almeno nel settore orientale doveva ospitare una fucina per la forgiatura o la riparazione di piccoli oggetti in ferro (BUSANA, LARESE 2008; BUSANA, FRANCISCI, LARESE c.s.; FRANCISCI c.s.).

All’interno di questo contesto sono stati raccolti i dati di fabric di alcune unità stratigrafiche originali (3085, 3021, 3096) e di alcuni cumuli di pietre e materiale fittile appositamente costruiti con finalità sperimentali (3085c,



Fig. 1 – L'edificio produttivo di Montebelluna-Posmon, lotto 14, visto da O.

3101) (a tali complessi si riferiscono le elaborazioni grafiche delle Figg. 8 e 11-15). In questa sede verrà descritto in particolare il metodo per la raccolta, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati, puntando l'attenzione soprattutto sulla gestione delle informazioni tramite geodatabase e GIS e sulle potenzialità delle analisi spaziali per la prima volta applicate a integrazione e sviluppo dei trattamenti statistici tradizionali (BARBIERI 2008-2009; FRANCISCI 2009 e c.s.).

2. LE NOVITÀ CONCETTUALI

Rispetto al fabric sedimentologico, i cui fondamenti teorici risalgono già alla metà del XIX secolo (KIRBY 1969, 48-50), il fabric archeologico ha una storia relativamente recente. In letteratura i contributi sull'argomento non sono numerosi: lo studio dell'orientazione delle componenti di un deposito archeologico, infatti, sembra non aver goduto di troppa fortuna forse anche per la sproporzione tra i lunghi tempi necessari alla raccolta e all'elaborazione dei dati e la non immediata concretezza dei risultati.

I primi lavori sull'argomento risalgono agli anni '60-'70 del XX secolo (LENOBLE, BERTRAN 2004, 457-458 e, più approfonditamente, BARBIERI 2008-2009, 51-64) e riguardano prevalentemente lo studio di contesti preistorici in ambienti alluvionali, dove le condizioni deposizionali sono determinate prevalentemente dal vettore idraulico (corso d'acqua, sponda lacustre, etc.).

A partire dagli anni '90 invece l'analisi di fabric è stata sviluppata soprattutto grazie all'opera di alcuni archeologi francesi, affiancati da altri ricercatori anglosassoni, su siti paleolitici della Francia (tanto che si potrebbe parlare di una "scuola francese") e si è concentrata sullo studio dei depositi di versante tramite l'analisi degli effetti dei diversi movimenti gravitazionali (*solifluction*, *debris flow*, *run-off*, etc.) soprattutto in ambiente peri-glaciale (BERTRAN, TEXIER 1995; BERTRAN *et al.* 1997; BERTRAN, LENOBLE 2002; LENOBLE, BERTRAN 2004; MCPHERRON 2005; MCPHERRON, DIBBLE 2007; LENOBLE, BERTRAN, LACRAMPE 2008). A questi studiosi va il merito di aver affiancato alla raccolta dei dati reali la sperimentazione in contesti "controllati" al fine di produrre modelli comparativi, di aver sviluppato un protocollo di indagine basato su specifiche tecniche statistiche e di aver elaborato, soprattutto grazie a Dibble e McPherron, efficienti metodi per la raccolta e l'elaborazione delle informazioni (più di recente sull'argomento BENITO-CALVO *et al.* 2009).

Partendo da questi studi si sono introdotte alcune innovazioni atte a sviluppare tutte le potenzialità dell'analisi di fabric in ambito archeologico. La prima novità, da cui direttamente o indirettamente derivano anche le altre, consiste nell'ampliamento dei contesti di studio sia a livello cronologico che a livello tipologico. Come detto, la fabric analysis è stata utilizzata finora quasi esclusivamente su siti preistorici e in ambiente alluvionale, glaciale o di versante. L'idea è quella di espandere l'utilizzo di questa tecnica a qualsiasi contesto storico, dalla preistoria all'età moderna: nel nostro lavoro, infatti, sono stati indagati complessi deposizionali di epoca romana, introducendo la fabric analysis in un settore di studi, quello dell'archeologia classica, dove finora non risulta essere stata mai applicata.

Secondo obiettivo è quello di sganciare il concetto di fabric da ambiti sedimentari particolari (alluvionali, glaciali, di versante) legati a specifici fenomeni naturali per applicarlo a qualsiasi genere di evidenza archeologica in qualsiasi tipo di contesto deposizionale, tra cui anche e soprattutto quelli di diretta o indiretta derivazione antropica come i piani pavimentali, i resti strutturali, i cumuli di crollo relativi a muri o coperture, lo scarico di materiali, etc.

Questo porta con sé un'importante conseguenza, quella cioè di ricostruire non solo gli effetti prodotti dagli agenti deposizionali naturali, ma anche quelli generati dal fattore uomo, un elemento fondamentale nella formazione e trasformazione dei depositi archeologici, ma ancora poco considerato negli studi di fabric. L'analisi dell'orientamento e della distribuzione spaziale delle componenti di particolari depositi antropici può contribuire, ad esempio, alla comprensione delle cause e delle modalità del collasso di una struttura edificata, all'individuazione e alla qualificazione di un eventuale rimaneggiamento antropico dei materiali in un momento successivo all'abbandono del sito, alla ricostruzione della forma originale del contesto precedente la fase di abbandono (BARBIERI 2008-2009).

È chiaro che l'agente antropico determina una variabilità di casi esponenzialmente maggiore rispetto agli agenti naturali e produce effetti spesso imprevedibili e molto differenti da quelli causati dai vettori idraulici o gravitazionali di cui sopra. Per questo motivo si rendono necessari nuovi strumenti di interpretazione del dato di fabric, nuovi parametri descrittivi e nuovi criteri di analisi a partire da una diversa considerazione della forma e delle modalità di misurazione dell'orientamento dei clasti.

Finora l'analisi di fabric è stata finalizzata all'individuazione dell'eventuale orientamento preferenziale dei clasti, alla quantificazione della "forza" di tale tendenza e alla definizione delle sue modalità di espressione (lineare, planare, embricata): in contesti naturali questi parametri sono considerati sufficienti per stabilire la presenza o meno di un vettore generatore dell'orientamento, per definirne tipologia e direzione e per comprendere, in base a questi dati, origine ed evoluzione del deposito.

Convenzionalmente qualsiasi componente solida di uno strato è definita da tre assi, maggiore (a), intermedio (b) e minore (c) (RICCI LUCCHI 1980, 116-118) (Fig. 2). Per calcolare presenza e caratteristiche di un orientamento preferenziale è sufficiente misurare direzione e inclinazione dell'asse maggiore (a) dei clasti allungati, quelli cioè che hanno un rapporto tra asse maggiore (a) e asse intermedio (b) ("elongation value" o "axial ratio") superiore ad almeno 1,6 (LENOBLE, BERTRAN 2004; 1,7 per BERTRAN, TEXIER 1995; tra 1,4 e 1,7 per MILLAR, NELSON 2001; 2 per GIARDINO, VITEK 1988). La forma allungata è ovviamente quella che preserva in maniera più chiara la direzione principale della forza generatrice dell'orientamento.

Ma se si vogliono ricomprendere nell'analisi di fabric oltre agli agenti naturali tradizionali anche altri fattori, tra tutti quello antropico, il solo dato dell'orientamento preferenziale non è più sufficiente. Rispetto alla natura l'uomo può generare assetti spaziali molto complessi che il solo asse maggiore non è in grado di descrivere integralmente; occorre quindi recuperare dal clasto la più ampia informazione possibile sul suo orientamento in modo da poterne dedurre tutti i fattori che l'hanno generato. Considerare il solo asse a significa semplificare eccessivamente la forma tridimensionale del clasto riducendola ad una linea (MCPHERRON 2005, 1004) col rischio di perdere informazioni sul reale orientamento nello spazio delle singole componenti. Come risulta evidente dalla Fig. 3, due clasti possono avere un identico asse a, ma presentare un assetto spaziale specularmente opposto se considerati nella loro tridimensionalità: se la direzione e l'inclinazione degli assi maggiori indicano l'esistenza di un orientamento preferenziale, l'andamento speculare degli assi intermedi potrebbe dipendere da altri fattori fondamentali per comprendere le cause di quello specifico assetto, ma che il fabric tradizionale porta necessariamente a trascurare.

Per ovviare a ciò si è deciso di considerare il piano ab – ossia il piano su cui giacciono gli assi maggiore (a) e intermedio (b) – come base su cui

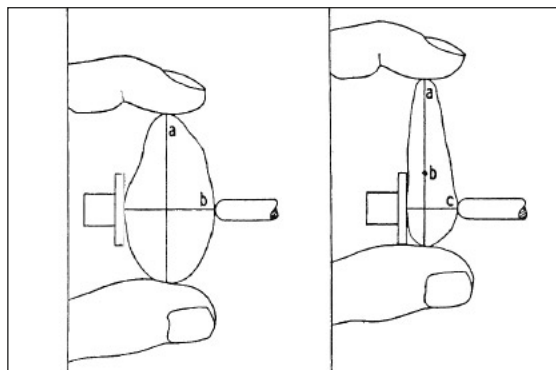


Fig. 2 – Definizione degli assi maggiore (a), intermedio (b), minore (c) (RICCI LUCCHI 1980, 118).

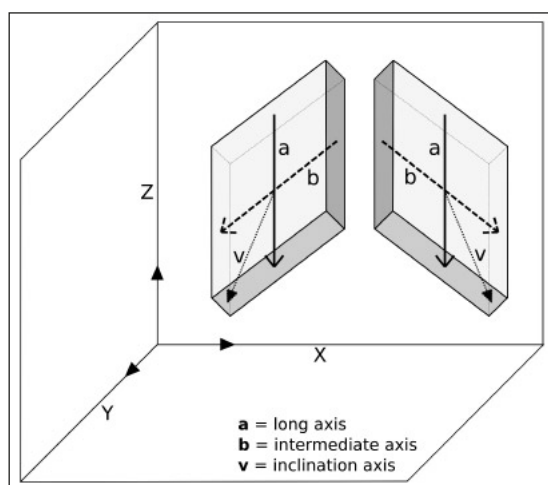


Fig. 3 – Rappresentazione schematica di due clasti con identico asse a ed opposto asse b.

calcolare l'orientamento dei clasti. In tal modo direzione e inclinazione di un clasto non corrispondono più alla direzione e all'inclinazione del solo asse a, ma alla direzione e all'inclinazione del piano ab; a loro volta direzione e inclinazione del piano ab corrispondono convenzionalmente alla direzione e inclinazione della linea di massima pendenza del piano. In sostanza, considerare il piano ab non significa eliminare la misurazione tradizionale dell'asse a, ma significa affiancare a essa quella del suo piano di giacitura.

L'utilizzo del piano ab è menzionato da alcuni autori, ma non è mai stato applicato perché ritenuto «insufficient for drawing general conclusions» (BERTRAN *et al.* 1997, 2). Se questo è vero per un fabric finalizzato alla ricerca dell'orientamento preferenziale, non lo è altrettanto per un fabric volto alla definizione del reale assetto tridimensionale delle componenti. Il piano ab costituisce pur sempre una semplificazione della forma del clasto, ma permette di mantenere la tridimensionalità del suo orientamento nello spazio e con essa la possibilità di risalire a tutti i fattori naturali e antropici che hanno condizionato l'assetto del deposito.

L'ultima novità consiste, infine, nello sviluppo della componente spaziale dell'analisi di fabric. Negli studi tradizionali, infatti, l'accento sulle relazioni tra le componenti nello spazio tridimensionale è molto limitato: in ambito sedimentologico esso si riduce al concetto di “packing” che tuttavia riguarda soltanto un singolo aspetto della relazioni tra le componenti (GOLDBERG, MACPHAIL 2006, 19-20); in ambito archeologico il dato spaziale si traduce spesso in semplici mappe distributive dei clasti dove raramente è ben evidenziato il rapporto tra i punti in carta e i loro valori di direzione e inclinazione.

La posizione nello spazio rappresenta invece un parametro fondamentale per integrare e spesso spiegare i valori angolari dei singoli clasti; le relazioni che essi intrattengono reciprocamente e con l'ambiente attorno possono fornire ulteriori parametri per spiegare la formazione e l'eventuale trasformazione del deposito. La combinazione tra il dato angolare (direzione e inclinazione) e il dato geometrico e spaziale può costituire un nuovo strumento diagnostico per comprendere la storia di depositi complessi, interessati dalla co-azione di fattori antropici e naturali.

Data la complessità di questi dati sono quindi necessari strumenti che permettano di gestire, selezionare e correlare valori angolari e relazioni spaziali: strumenti da noi individuati nelle piattaforme GIS e nei geodatabase.

3. DALLA RACCOLTA DEI DATI ALL'ELABORAZIONE DEI VALORI ANGOLARI

Il metodo di analisi qui proposto si distingue in due fasi, una sul campo e una in laboratorio. Sul campo le misurazioni sono effettuate tramite stazione totale. L'utilizzo di questo strumento nell'analisi di fabric non è una novità: dopo le prime sperimentazioni tra la fine degli anni '80 e gli inizi degli anni '90 (DIBBLE 1987, 251-252; Kluskens in BERTRAN, TEXIER 1995, 522-523), la metodologia è stata affinata e ampiamente testata in tempi recenti nei lavori di Dibble e McPherron (McPHERRON 2005; MCPHERRON, DIBBLE 2007). Ciò che cambia rispetto a questi precedenti è il numero di punti misurati, quattro invece di due. Al fine di definire l'orientamento del piano ab, infatti, vengono registrate le coordinate x, y, z dei vertici degli assi maggiore (P e Q) e intermedio (M e N) e non soltanto quelle degli estremi dell'asse a. In tal modo si disegna

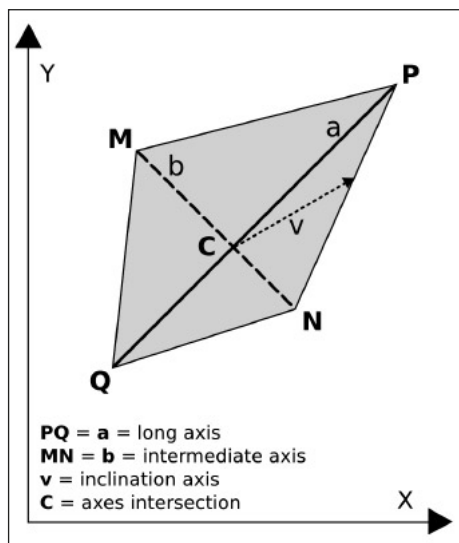


Fig. 4 – Schema del poligono PMQN e indicazione degli assi oggetto di misurazione.

un poligono definito dai vertici P, Q, M, N giacente sul piano ab e con analogo orientamento rispetto a questo. Mediante successivi calcoli viene individuato il segmento che unisce il punto di incrocio degli assi al lato più basso del poligono e che corrisponde alla linea di massima pendenza dello stesso; tale segmento è definito “asse di inclinazione” (v). I valori angolari di v rappresentano in sostanza i valori di direzione e di inclinazione del piano ab (Fig. 4).

Questo tipo di misurazione è effettuato per qualsiasi componente, naturale o antropica, del deposito indagato. Il limite dimensionale al di sotto del quale i clasti non vengono misurati può variare in base al tipo di contesto, agli obiettivi della ricerca e alla precisione del prisma utilizzato. A questo proposito è consigliabile l'utilizzo di un micro-prisma per limitare l'errore nelle misurazioni (McPHERRON 2005, 1004). Sul campo è fondamentale, infine, l'esperienza dell'operatore che deve essere in grado di individuare correttamente l'andamento del piano ab e la posizione dei relativi assi, in modo da registrare precisamente le coordinate dei punti P, Q, M, N.

La seconda fase consiste nell'elaborazione dei dati finalizzata alle analisi statistiche dei valori angolari, alle analisi spaziali e alle relative visualizzazioni grafiche. Tutta questa fase è completamente gestita da diversi software free and open source tra loro integrati: in PostgreSQL-PostGIS (<http://www.postgresql.org/>; <http://postgis.refractory.net/>) è costruito il geodatabase che raccoglie ed elabora le informazioni geografiche scaricate direttamente dalla stazione;

R (<http://www.r-project.org/>) fornisce gli strumenti per l'analisi statistica e la visualizzazione dei dati; GRASS (<http://grass.fbk.eu/>) costituisce il supporto per le diverse analisi spaziali in ambiente GIS, mentre ParaView (<http://www.paraview.org/>) facilita la consultazione nello spazio tridimensionale dei modelli prodotti. Sul sito <http://www.uselessarchaeology.com/> (ancora in fase di costruzione) è disponibile il codice sorgente (in SQL) con cui è realizzato il geodatabase che gestisce ed elabora i dati raccolti.

Una volta scaricate dalla stazione, le coordinate dei vertici P, Q, M, N vengono riversate all'interno di una tabella del geodatabase; una seconda tabella raccoglie invece le caratteristiche descrittive di ogni clasto (materiale, tipo, forma, etc.); infine, all'interno di una terza tabella vengono prodotti i calcoli geometrici e trigonometrici che conducono progressivamente alla definizione dei valori angolari degli assi a, b e dell'asse di inclinazione v. Attraverso le coordinate registrate nel database viene misurata la lunghezza dei segmenti PQ e MN e vengono calcolati gli angoli di "bearing" (direzione) e "plunge" (inclinazione) degli assi a e b e dell'asse di inclinazione v. Seguendo MCPHERRON (2005, 1005) definiamo bearing l'angolo di azimuth tra il Nord e l'asse considerato (a, b, o v); definiamo plunge l'angolo tra il piano orizzontale e l'asse considerato. Questo per evitare la confusione terminologica prodotta in letteratura dall'uso indifferenziato di molti sinonimi come ad esempio "strike", "trend", "direction", "orientation" per l'angolo azimutale e "dip" o "inclination" per l'angolo verticale. Chiamiamo invece "orientation" l'assetto generale di un asse o di un piano definito dalle due componenti di bearing e plunge. Si tratta di una terminologia ripresa in gran parte dalla geologia strutturale (SHERBON HILLS 1972, 143-145), ma utilizzata con significato spesso diverso nell'analisi di fabric. Nelle successive formule l'angolo di plunge è indicato dalla lettera sigma (σ), l'angolo di bearing dalla lettera tau (τ): essi corrispondono in sostanza al phi (ϕ) e alla theta (θ) delle coordinate sferiche, ma si sono volute utilizzare lettere differenti per marcare la peculiarità di questi angoli nel fabric archeologico.

Per calcolare l'angolo di plunge degli assi a e b si utilizzano semplici formule trigonometriche gestite, come detto, da PostgreSQL-PostGIS (Fig. 5):

$$\sigma_{PQ} = \arcsin\left(\frac{|Z_P - Z_Q|}{PQ}\right)$$

$$\sigma_{MN} = \arcsin\left(\frac{|Z_M - Z_N|}{MN}\right)$$

Il valore di σ_{PQ} altro non è che l'angolo di inclinazione dell'asse a: esso può essere utilizzato singolarmente per sviluppare le tradizionali analisi di fabric incentrate, come abbiamo visto, sul solo asse maggiore del clasto. Tuttavia gli angoli σ dei due assi vengono calcolati principalmente per definire

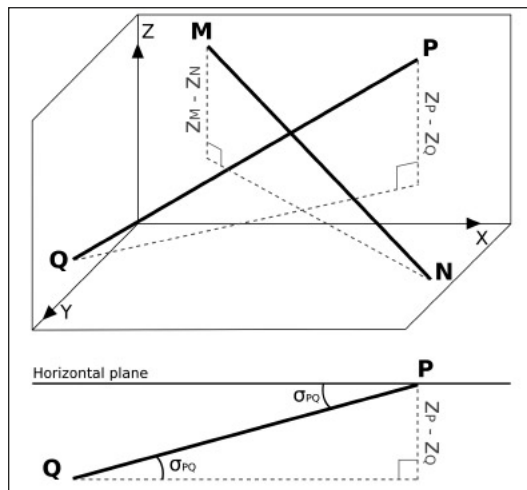


Fig. 5 – Angolo di plunge degli assi a e b.

il plunge dell'asse di inclinazione v . Quest'angolo è strettamente dipendente dal plunge degli assi a e b in quanto maggiore è l'inclinazione di questi maggiore sarà la pendenza del piano e viceversa. Per il calcolo si è dunque applicata la seguente formula:

$$\sigma_v = 90 - \arccos \sqrt{\cos^2(90 - \sigma_{PQ}) + (\cos(90 - \sigma_{MN}) * \sin(90 - \sigma_{PQ}))^2}$$

Essa considera l'inclinazione del piano ab pari a 90° meno l'angolo individuato tra l'asse c del clasto (perpendicolare al piano ab e passante per il punto di intersezione di a e b) e il piano orizzontale (Fig. 6). Tale angolo è in sostanza il frutto di una doppia rotazione di c sugli assi X e Y che definiscono il piano orizzontale; la quantità di tale doppia rotazione è pari ai valori σ degli assi a e b . La formula è ancora in via di definizione, anche se diverse sperimentazioni sembrano confermarne la validità.

Per il calcolo dell'angolo di bearing degli assi a e b non si sono sviluppate formule trigonometriche (come in MCPHERRON 2005, 1005-1006), ma si è ricorsi direttamente alla funzione "ST_azimuth" del software PostGIS, funzione che restituisce il valore dell'angolo azimutale tra i due estremi dell'asse considerato. La direzione dell'asse di inclinazione v , invece, comporta un calcolo più complesso in quanto dipende dalla direzione degli assi a e b , ma anche dall'inclinazione degli stessi: infatti, se uno dei due assi ha plunge vicino o pari a 0 , l'asse di inclinazione avrà direzione prossima o corrispondente all'altro asse; se a e b inclinano con il medesimo angolo, la linea di massima pendenza corrisponderà alla bisettrice dell'angolo retto formato dai due assi. Ai fini del

calcolo, quindi, gli angoli σ di a e b sono stati considerati come due vettori: la direzione del vettore risultante dalla loro somma dovrebbe corrispondere alla direzione dell'asse di inclinazione v.

Come esemplificato in Fig. 7 l'angolo ρ , formato da σ_{PQ} e v, corrisponderà alla direzione di v rispetto all'asse a. Di conseguenza il valore assoluto di τ_v corrisponderà alla somma o alla sottrazione della quantità angolare ρ rispetto al valore τ_{PQ} a seconda del quadrante in cui cade l'asse di inclinazione. Il tutto è sintetizzato nella seguente formula:

$$\tau_v = \tau_{PQ} \pm \arctan \frac{\sigma_{MN}}{\sigma_{PQ}}$$

A questo punto i valori angolari degli assi a, b e dell'asse di inclinazione v sono calcolati e gestiti all'interno di un apposito database. Mediante il collegamento diretto tra PostgreSQL e R i dati angolari conservati nelle tabelle vengono riversati nel software di analisi per produrre le elaborazioni statistiche "tradizionali", ossia quelle solitamente applicate nei lavori di fabric più recenti (RICCI LUCCHI 1980, 185-199; LENOBLE, BERTRAN 2004; BENITO-CALVO *et al.* 2009). Generalmente i valori di bearing e plunge vengono rappresentati mediante il diagramma a rosa o mediante l'"equal area stereogram" di Schmidt: mentre il primo visualizza una sola variabile angolare (bearing o plunge), il secondo le rappresenta entrambe (Fig. 8a, b).

Sui valori di fabric vengono poi applicati particolari trattamenti statistici per individuare forma e caratteristiche della distribuzione e per poter confrontare i diversi complessi di dati. Trattandosi di angoli è necessario ricorrere alle funzioni della statistica circolare (MARDIA 1972), *in primis* per il calcolo della media e dei relativi indici di dispersione: se per gli angoli di plunge, compresi tra 0 e 90°, è sufficiente la normale media aritmetica e il calcolo della deviazione standard, per gli angoli di bearing, compresi tra 0 e 360°, è necessario applicare la media vettoriale (RICCI LUCCHI 1980, 195-196) e gli opportuni indici di varianza sferica.

Accanto alla media, gli indicatori statistici più utilizzati per l'individuazione e la quantificazione della forza di un orientamento preferenziale sono il Magnitude Vector (L) e il collegato test di verifica di Rayleigh (p), calcolati generalmente secondo le formule proposte da Curray (CURRAY 1956; LENOBLE, BERTRAN 2004, 458-459):

$$L = \frac{\sqrt{(\sum n \sin 2\theta)^2 + (\sum n \cos 2\theta)^2}}{\sum n} 100$$

$$P = e^{-1/2 n (10^{-4})}$$

Tali analisi sono di fatto "bidimensionali" in quanto considerano soltanto un singolo dato angolare, generalmente quello di bearing. Accanto

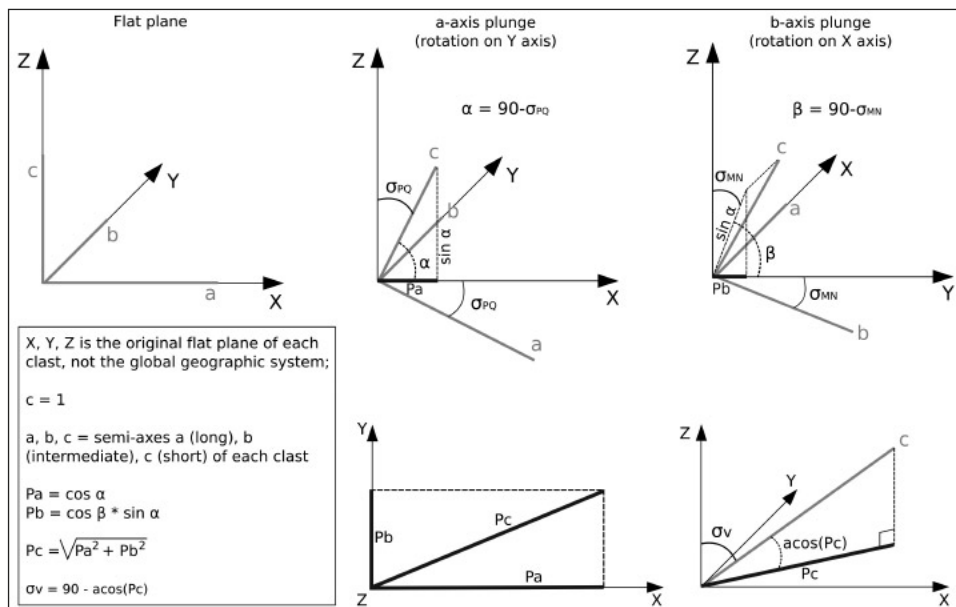


Fig. 6 – Procedimento per il calcolo dell'angolo di plunge dell'asse di inclinazione v.

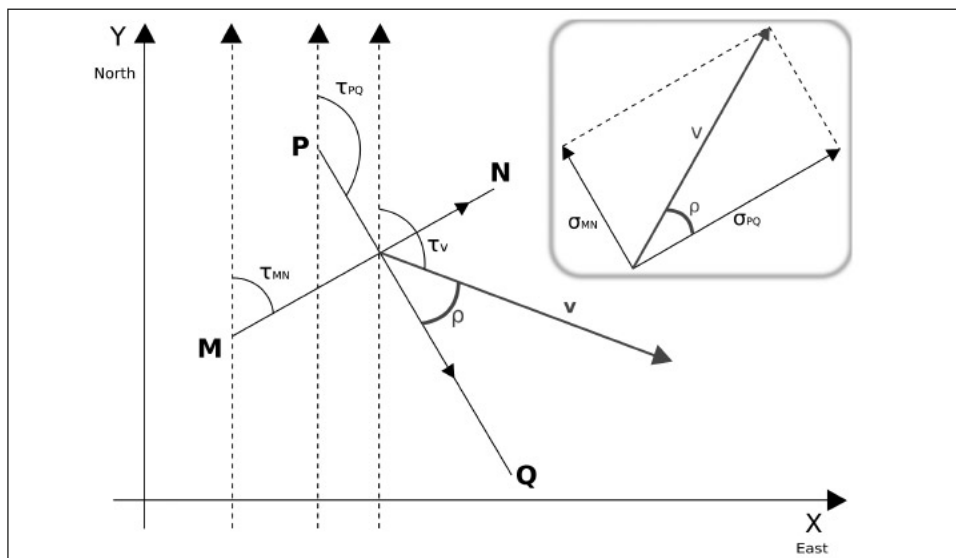


Fig. 7 – Calcolo dell'angolo di bearing dell'asse di inclinazione v.

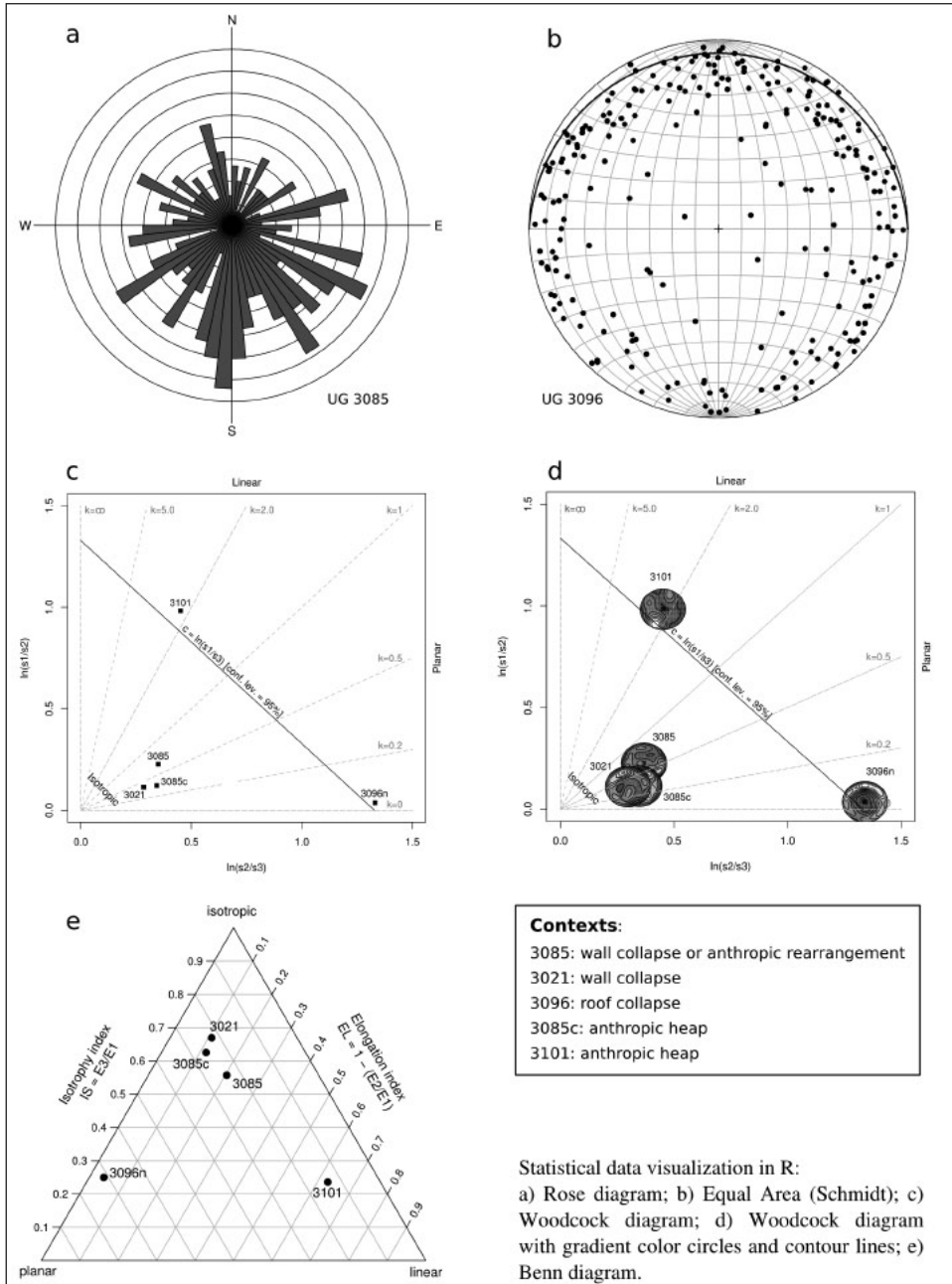


Fig. 8 – Rappresentazione grafica dei dati statistici in R.

a esse sono state sviluppate anche statistiche “tridimensionali” (GIARDINO, VITEK 1988, 17-18) che considerano contemporaneamente sia l’angolo di bearing che l’angolo di plunge e che si basano sull’uso degli autovettori e dei rispettivi autovalori. Queste tecniche d’analisi consentono di evidenziare la presenza (anisotropia) o l’assenza (isotropia) di un orientamento preferenziale e di definirne la forza e la modalità di espressione (lineare o planare). I procedimenti più utilizzati per il calcolo degli autovettori/autovalori negli studi di fabric sono prevalentemente quelli elaborati da Woodcock (WOODCOCK 1977; WOODCOCK, NAYLOR 1983) e da BENN (1994): i risultati sono in genere presentati nel “two axis ratio plot” proposto dal primo e nel diagramma ternario proposto dal secondo (Fig. 8c, d, e).

La maggior parte delle elaborazioni statistiche indicate (e molte altre qui non considerate) sono realizzabili direttamente con R, mentre quelle mancanti sono facilmente implementabili attraverso il linguaggio di programmazione del medesimo software. Il diagramma a rosa e l’“equal area diagram” di Schmidt sono forniti dai pacchetti *heR.Misc* (<http://exposurescience.org/>) e *RFOC*; la media vettoriale e la varianza circolare possono essere calcolate tramite le funzioni “*circ.mean*” e “*circ.disp*” del pacchetto *CircStats*; il Magnitude Vector e il test di Rayleigh possono essere implementati con le seguenti funzioni (dove *tau_v* = angolo di bearing):

```
L <- 100*(((sum(sin(2*rad(tau_v))))^2+(sum(cos(2*rad(tau_v))))^2)^0.5)*(length(tau_v)^-1)
p <- 2.71828^(((-L^2)*length(tau_v))*(10^(-4)))
```

Gli autovettori e gli autovalori sono prodotti con la funzione “*eigen()*” e i diagrammi di Woodcock e Benn possono essere costruiti utilizzando gli strumenti grafici presenti nel software o forniti da pacchetti aggiuntivi come “*plotrix*” nel caso del diagramma ternario.

La novità principale di questo metodo sta nell’integrazione tra il geodatabase e il software di statistica. Come detto, i dati elaborati da R sono importati direttamente da PostgreSQL: ciò permette di filtrare le informazioni in base a qualsiasi criterio di selezione utilizzando gli strumenti di query del DB e consente di analizzare separatamente in R specifici set di dati. Ad esempio, si possono considerare soltanto i valori relativi ai clasti di una particolare tipologia o di un particolare materiale; oppure possono essere elaborate solo le componenti del deposito con dimensioni superiori ad un limite fissato (cfr. l’“axial ratio” di cui sopra). Si evita in tal modo di dover selezionare sul campo e a priori gli oggetti da analizzare, riducendo così il rischio della perdita di dati. I risultati delle analisi, inoltre, possono essere trasferiti nuovamente da R al database e possono essere relazionati ad altre informazioni alfanumeriche contenute nelle tabelle generando in tal modo nuovi dati e nuovi parametri per la descrizione dell’assetto spaziale del deposito.

Tuttavia va precisato che le analisi statistiche impiegate fino a oggi sono utili soprattutto per distribuzioni unimodali dei dati (WOODCOCK 1977, 1233; LENOBLE, BERTAN 2004, 459; MCPHERRON, DIBBLE 2007, 162-163), frequentemente rilevate laddove vi sia un orientamento preferenziale dei clasti. In contesti come quelli da noi indagati, dove grande rilievo assume l'agente antropico e dove molteplici sono i fattori di formazione del deposito, non è infrequente il caso di distribuzioni bi- o plurimodali per le quali i trattamenti statistici sopra elencati sono solo parzialmente utilizzabili. Uno dei prossimi sviluppi del metodo dovrà dunque consistere nella ricerca di nuove soluzioni statistiche più adatte alle distribuzioni dei dati provenienti da contesti di fabric complessi e variegati.

4. L'ANALISI SPAZIALE

Gli studi di fabric, generalmente, si concludono con i trattamenti statistici descritti precedentemente e con le relative interpretazioni fornite dagli studiosi. Come detto, però, parte integrante del fabric è anche l'analisi delle relazioni geometriche e spaziali delle componenti di un deposito. La gestione dei dati tramite geodatabase e GIS consente di indagare questi rapporti e di porli in relazione ai valori angolari appena calcolati: questo apre il campo a tutta una nuova serie di analisi che arricchiscono di nuovi parametri la descrizione dell'assetto spaziale di un deposito archeologico e permettono di individuare nuovi elementi diagnostici per la comprensione delle cause della sua formazione.

I valori angolari elaborati secondo il metodo presentato sopra costituiscono soltanto dati numerici "neutri", sganciati dalla loro posizione nello spazio: è necessario quindi restituire una geometria e una spazialità alle componenti del deposito. Il primo passo consiste nella rappresentazione georeferenziata del clasto utilizzando la sua forma schematica rappresentata dal poligono PMQN.

Per disegnare tale poligono tuttavia è necessario apportare almeno una correzione ai dati geografici raccolti dalla stazione totale. Infatti, durante la registrazione dei punti sul campo è praticamente impossibile per l'operatore misurare i quattro vertici relativi agli assi a e b in modo che giacciono sullo stesso piano; questo implica che nella quasi totalità dei casi i segmenti PQ e MN visualizzati nel GIS non si intersechino come in realtà dovrebbero fare. Se questo ha una scarsissima incidenza per quanto riguarda l'analisi dei dati angolari (tanto che l'errore è trascurabile), la mancata intersezione tra i due assi ha delle conseguenze nel disegno e nella visualizzazione del poligono PMQN: infatti, l'unione dei quattro vertici non complanari produrrà un poligono spezzato e non un quadrilatero piatto giacente sul piano ab (Fig. 9). La correzione consiste dunque nel traslare su un medesimo piano gli assi

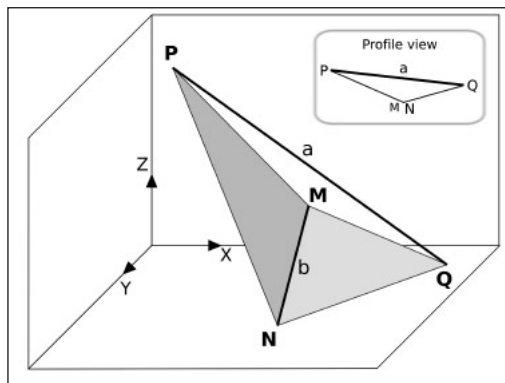


Fig. 9 – L'unione dei punti originali raccolti sul campo determina il disegno di un poligono spezzato.

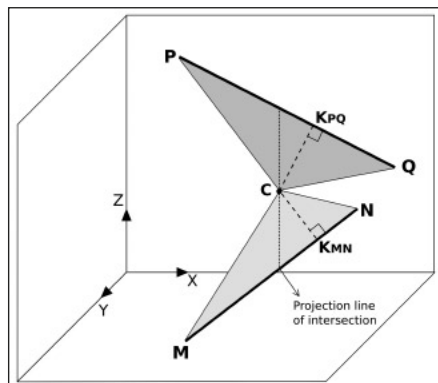


Fig. 10 – Schema per la traslazione degli assi a e b su un medesimo piano (piano ab).

giacenti su due rette sghembe in modo che essi si intersechino senza mutare il proprio orientamento e modificando il meno possibile la loro posizione nello spazio.

Il procedimento, piuttosto complesso, inizia con la creazione nel geodatabase di una nuova tabella per l'esecuzione dei calcoli. Mediante le funzioni del software e mediante una serie di operazioni matematiche (il cui codice SQL è disponibile nel citato sito: <http://www.uselessarchaeology.com/>) si individua dapprima il punto medio (C) del segmento di proiezione di un asse sull'altro (Fig. 10); successivamente si definiscono due triangoli le cui basi corrispondono ai segmenti PQ e MN e il cui vertice comune è rappresentato dal punto medio C. Le altezze dei due triangoli (CK_{PQ} e CK_{MN}) costituiscono le traiettorie di traslazione lungo cui spostare i segmenti PQ e MN. Da ciò deriva che la differenza tra le coordinate di C e le coordinate dei punti K_{PQ} e K_{MN} equivale ai valori da aggiungere o sottrarre alle coordinate di P, Q, M, N per traslare i quattro vertici e portarli sul medesimo piano, che a questo punto sarà il nostro piano ab. Sulla base delle nuove coordinate vengono poi disegnati i nuovi vertici, i nuovi segmenti PQ, MN e il poligono PMQN non più spezzato, ma giacente ora sul piano ab. Il punto C su cui sono stati traslati i segmenti PQ e MN rappresenta di fatto il punto di intersezione degli assi a e b.

È chiaro che queste correzioni comportano errori e approssimazioni inevitabili: si tratta tuttavia di scarti minimi, e quindi trascurabili, se i punti sul campo sono stati raccolti in maniera precisa⁵. Una volta ridisegnati

⁵ In realtà occorrerebbe anche una seconda correzione sulle coordinate. Infatti raramente gli assi a e b misurati dall'operatore risultano perfettamente perpendicolari come in realtà dovrebbero essere. Sarebbe dunque necessaria l'ulteriore traslazione di almeno uno dei due assi in modo che a sia ortogonale a b. Tuttavia questo errore non incide in alcun modo sull'elaborazione dei dati, ma soltanto sull'"estetica" della visualizzazione. Per questo, al momento, non è stato implementato alcun procedimento per la correzione della perpendicolarità, pur essendo previsto per il futuro.

vertici, assi e poligoni si procede alla costruzione dell'asse di inclinazione v . Finora esso è stato considerato soltanto come una realtà astratta dotata di direzione e inclinazione; per poterlo visualizzare nello spazio è necessario costruire fisicamente il segmento che lo rappresenta. Tralasciamo in questa sede la descrizione specifica dei complessi calcoli prodotti in PostgreSQL-PostGIS (disponibili anch'essi sul sito: <http://www.uselessarchaeology.com/>); ci limitiamo a dire che il procedimento sfrutta, in sostanza, i dati angolari calcolati precedentemente per individuare la linea di massima pendenza del piano; lungo questa viene disegnato il segmento che congiunge il punto di incrocio degli assi a e b (C) con il lato più basso del poligono; tale segmento rappresenta l'asse di inclinazione v .

Con questi nuovi dati geometrici e spaziali a disposizione le potenzialità di analisi diventano innumerevoli e ancora tutte da sviluppare; elenchiamo quindi soltanto alcuni esempi ancora in corso di studio.

In primis è possibile ottenere una visualizzazione dei poligoni e degli assi nello spazio all'interno di un qualsiasi ambiente GIS. Mediante il collegamento con il database è possibile effettuare diversi filtri sulla base di uno o più criteri qualitativi o quantitativi in modo da visualizzare in maniera differenziata particolari set di clasti (Fig. 11): ad esempio è possibile selezionare soltanto gli elementi con angolo di plunge o di bearing compreso in uno specifico range in modo da individuarne la localizzazione nello spazio e dedurre un possibile collegamento tra la posizione topografica e l'orientamento.

Per queste semplici funzioni è sufficiente un sistema di visualizzazione bidimensionale; maggiori sono invece le potenzialità offerte dalla gestione tridimensionale delle geometrie utilizzando le funzioni offerte da GRASS e ParaView. È possibile, infatti, visualizzare i clasti in 3D e "navigare" al loro interno per osservare direttamente la collocazione nello spazio a tre coordinate e la relazione degli uni rispetto agli altri (Fig. 12); è possibile effettuare virtualmente tagli orizzontali e verticali per verificare visivamente eventuali mutamenti o peculiarità nell'orientamento dei clasti alle diverse quote di taglio (DIBBLE *et al.* 1997).

Mediante l'utilizzo di voxel (BEZZI *et al.* 2006), inoltre, può essere generato un modello volumetrico tridimensionale di una delle variabili angolari. Come mostrato in Fig. 13, ad esempio, è possibile visualizzare sotto forma di volume la dislocazione dei clasti con più marcata inclinazione; la gradazione di colore sottolinea le aree dove maggiore è la concentrazione dei clasti più inclinati; la possibilità di sezionare sia verticalmente che orizzontalmente il voxel permette di indagare la distribuzione di queste componenti all'interno dell'intero volume del deposito.

Il dato spaziale insito nelle geometrie disegnate è fondamentale per collocare nello spazio gli elementi del deposito e associare ai valori numerici degli angoli la corrispondente posizione topografica. Ma esso consente anche

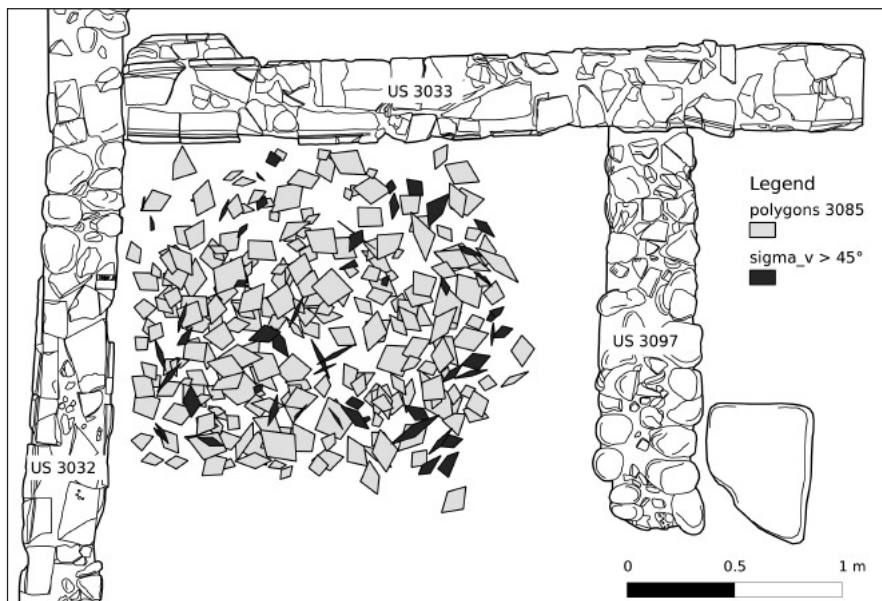


Fig. 11 – Poligoni inseriti nel loro contesto spaziale e selezionati in ambiente GIS sulla base del valore di plunge dell'asse di inclinazione.

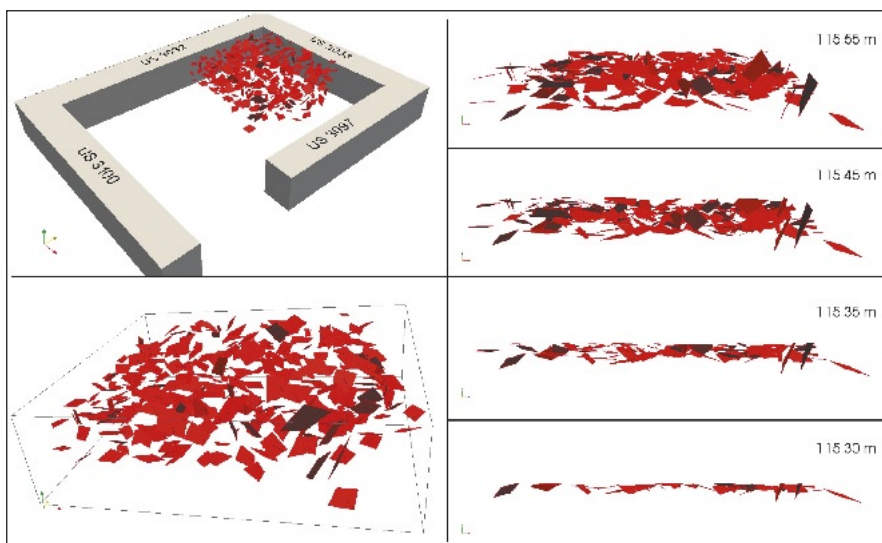


Fig. 12 – Visualizzazione tridimensionale dei poligoni PMQN e tagli orizzontali degli stessi a diverse altezze.

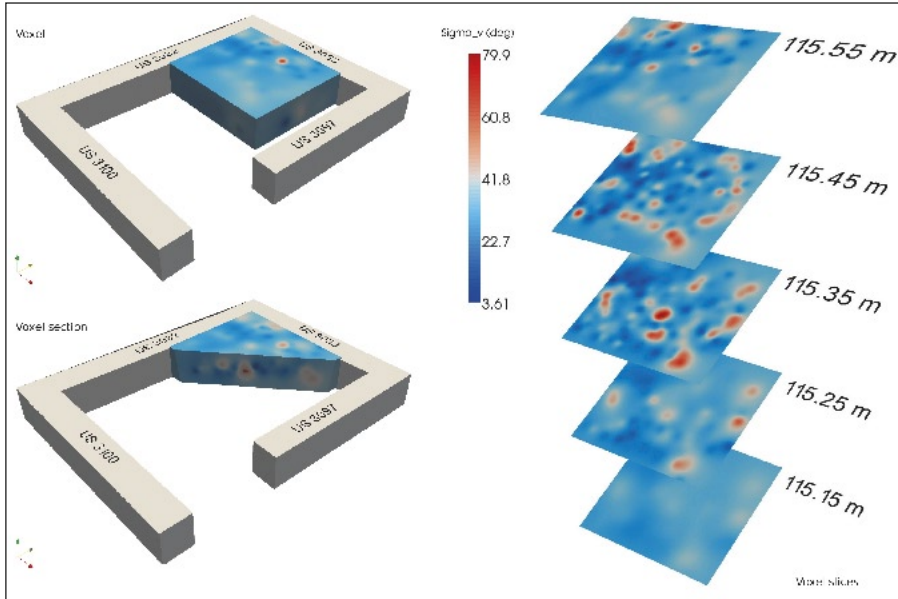


Fig. 13 – Voxel generato dalla posizione dei poligoni e renderizzato sulla base dei valori di plunge dell'asse di inclinazione.

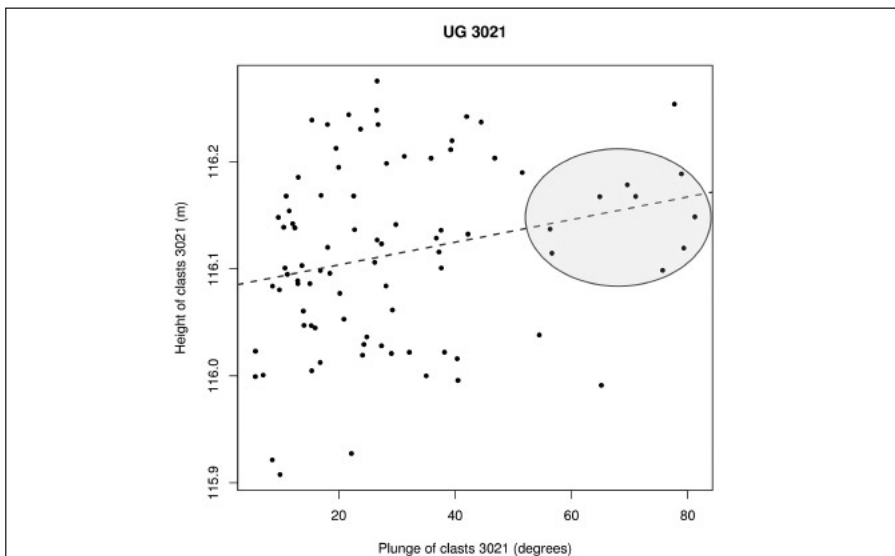


Fig. 14 – Analisi della relazione tra la quota dei centri (C) dei clasti e l'inclinazione del loro piano ab, con visualizzazione della retta di regressione.

di sviluppare ulteriori analisi statistiche basate sulle relazioni geometrico-spaziali tra i clasti e l'ambiente esterno.

In alcuni casi, ad esempio, la relazione tra la quota altimetrica delle singole componenti e il loro grado di inclinazione può fornire alcune indicazioni sulla formazione del deposito. In specifici contesti di crollo, infatti, si è notato come i valori di plunge più elevati si concentrino in una ristretta fascia altimetrica (Fig. 14), indicando forse l'intervento di un qualche fenomeno naturale o antropico che ha lasciato questa traccia nel deposito indagato. Il trattamento statistico di queste relazioni (ad esempio tramite analisi di regressione) potrebbe fornire uno strumento per il confronto dei dati tra contesti diversi o tra casi reali e risultati sperimentali. Inoltre, la possibilità di costruire il DTM della superficie deposizionale all'interno del GIS consente di mettere in relazione i valori angolari dei singoli clasti con l'andamento delle quote e delle pendenze registrate nel DTM; l'incrocio di questi dati può fornire, potenzialmente, nuove relazioni significative tra le variabili spaziali del deposito.

Altre interessanti informazioni possono essere ricavate utilizzando gli algoritmi propri dell'analisi spaziale, come ad esempio il computo delle minime distanze (Fig. 15). La lunghezza dei segmenti che nello spazio tridimensionale uniscono i centri dei clasti (i punti C di cui sopra) reciprocamente più vicini dipende da più variabili tra cui la forma dell'oggetto, l'inclinazione del piano ab, l'ampiezza dell'area del deposito, etc. In alcuni casi l'andamento dei valori di minima distanza può costituire un utile indicatore della tipologia di assetto spaziale e quindi dell'origine e dell'evoluzione del deposito: in Fig. 15, ad esempio, la curva cumulativa delle minime distanze nei depositi caratterizzati da fabric isotropico assume una forma parzialmente diversa dalla curva relativa alle distanze di un deposito planare.

L'analisi spaziale combinata con i dati angolari costituisce ancora un campo tutto da indagare. Da questo connubio tuttavia possono derivare nuove relazioni tra variabili, nuovi parametri descrittivi del deposito e nuovi strumenti di analisi che da un lato consentono di confrontare i contesti tra loro e dall'altro permettono di elaborare nuovi criteri diagnostici (che integrino e superino il solo orientamento preferenziale) per comprendere la formazione e la trasformazione del deposito, tanto più in contesti complessi dove le forze generatrici dell'orientamento possono essere state molteplici e aver lasciato segni e indizi ancora tutti da decifrare.

5. CONCLUSIONI

Il metodo qui presentato non porta novità rivoluzionarie rispetto ai tradizionali lavori di fabric, ma vuole porsi come integrazione e sviluppo delle tecniche finora utilizzate. La principale novità concettuale consiste nell'estensione di questa tecnica a qualsiasi epoca storica e a qualsiasi contesto

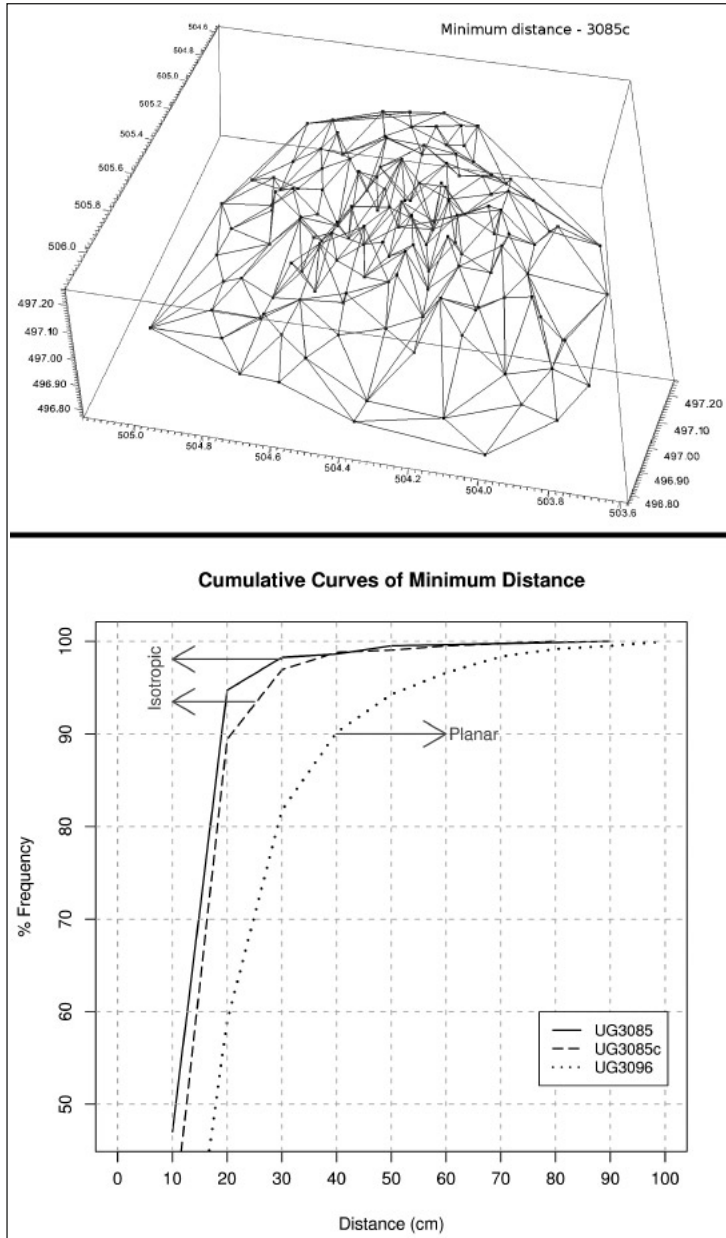


Fig. 15 – In alto: visualizzazione tridimensionale dei centri (C) dei clasti e dei segmenti di minima distanza tra gli stessi; in basso: curve cumulative delle minime distanze tra i centri (C) dei clasti relativi a tre diversi complessi stratigrafici.

deposizionale: oggetto d'analisi non sono più soltanto gli agenti naturali, ma anche e soprattutto l'agente uomo, considerato come fattore fondamentale nella definizione dell'organizzazione spaziale di un deposito archeologico. A livello metodologico lo spostamento del parametro di misurazione dell'orientamento dall'asse lungo (a) al piano ab consente di registrare l'assetto tridimensionale del clasto e di ottenere dati più completi e generali sulla sua disposizione nello spazio.

Lo sviluppo di analisi geometrico-spaziali fornisce una serie di dati che, combinati ai valori angolari di direzione e inclinazione, permettono di individuare nuovi parametri per descrivere l'assetto di un deposito e per confrontarlo con altri contesti reali o sperimentali. Infine, la gestione dei dati tramite geodatabase e GIS e il collegamento diretto con il software di analisi statistica non solo facilitano i calcoli angolari e spaziali, ma consentono di mettere in relazione tra loro diverse variabili, di individuare nuove costanti peculiari di specifiche situazioni deposizionali e di filtrare i dati secondo criteri discrezionali continuamente aggiornabili.

Nel caso specifico dello scavo di Montebelluna l'analisi di fabric condotta secondo le procedure appena descritte ha prodotto risultati molto incoraggianti, seppur ancora del tutto preliminari. Sulla base dell'assetto spaziale dei depositi indagati si sono potute distinguere, a livello ipotetico, le unità di crollo originali dai cumuli prodotti dal rimaneggiamento antropico; si sono definite alcune caratteristiche distintive dei depositi derivanti dal collasso degli zoccoli murari e in un caso è stato possibile avanzare un'ipotesi ricostruttiva della forma originaria della copertura di uno dei vani tramite lo studio dell'organizzazione spaziale delle tegole e dei coppi crollati (BARBIERI 2008-2009).

La metodologia tuttavia è ancora ad uno stadio iniziale e necessita di ulteriori sviluppi. In futuro occorrerà migliorare e semplificare i procedimenti di calcolo; bisognerà sviluppare metodologie di analisi statistica adatte alle distribuzioni polimodali, più frequenti in ambito archeologico rispetto alle distribuzioni unimodali. Sarà necessario inoltre potenziare ulteriormente lo studio della componente geometrico-spaziale cercando di definire un protocollo di analisi analogo a quello che negli anni è venuto stabilendosi per le tecniche statistiche. Ma soprattutto sarà necessario, proprio grazie a queste analisi, individuare nuovi parametri e nuovi elementi diagnostici che permettano di comprendere in maniera più precisa, o almeno con minore approssimazione, le cause della formazione dei depositi più complessi e i processi post-deposizionali che li hanno interessati. Spesso, infatti, un medesimo assetto spaziale è generato da fenomeni differenti (McPHERRON, DIBBLE 2007, 163): per distinguerli non è sufficiente la definizione del solo orientamento preferenziale. Inoltre, l'intervento antropico genera una variabilità nell'arrangiamento dei clasti ben più elevata di quella prodotta dagli agenti naturali. Per individuare

tipologia e intensità di tale intervento occorrono nuovi strumenti euristici che consentano di leggere in maniera alternativa e più articolata anche i dati di orientamento.

Fondamentale a questo scopo è lo sviluppo di progetti sperimentali (BERTRAN *et al.* 1997; LENOBLE *et al.* 2008) che in ambiente controllato (dove, cioè, siano note le condizioni iniziali, finali e i fattori formativi e trasformativi del deposito) permettano di verificare l'evoluzione dell'assetto spaziale di un'unità archeologica dal suo contesto originale fino al suo ritrovamento in scavo. Avendo a disposizione numerosi esempi comparativi potrà essere possibile, almeno in certi casi, ricostruire i contesti originali, definire costanti e peculiarità nella formazioni di particolari contesti, comprenderne i fattori evolutivi.

Ovviamente il fabric da solo non basta: occorre integrare i dati con altre informazioni provenienti dalle diverse discipline che ormai comunemente cooperano nell'indagine archeologica: geomorfologia, micromorfologia, chimica, etc. (BERTRAN, TEXIER 1995, 531) senza dimenticare il fondamentale apporto di una corretta lettura stratigrafica. La virtuosa integrazione tra le informazioni prodotte da queste scienze e i dati angolari e spaziali di fabric potrebbe contribuire alla definizione di leggi generali o, meglio, di costanti ripetitive che possano spiegare le cause della formazione di un deposito e descrivere i processi a essa successivi. Non si tratta, sia chiaro, di un ritorno a un banale e ormai obsoleto “determinismo archeologico”, ma si tratta – utilizzando le parole di Leonardi – di individuare anche attraverso il fabric «una ripetitività sufficiente [...], tale per cui si renda possibile ricavarne delle leggi o meglio delle costanti, intese come linee di tendenza entro limiti definibili, riscontrabili in traccia nella deposizione archeologica» (LEONARDI 1992, 15).

DENIS FRANCISCI

Dipartimento di Archeologia
Università degli Studi di Padova

Ringraziamenti

Molti degli aspetti concettuali e metodologici esposti nel presente contributo sono frutto della discussione e della collaborazione con il dott. Mattia Segata, senza il quale questo lavoro non sarebbe stato possibile: a lui va quindi tutta la mia più sincera riconoscenza. Si ringraziano inoltre la dott.ssa M.S. Busana, direttrice dello scavo di Montebelluna (TV), per aver permesso la sperimentazione di queste nuove metodologie e il dott. Alvise Barbieri per aver contribuito, con la sua tesi di laurea, all'applicazione e alla preliminare verifica del metodo.

BIBLIOGRAFIA

BARBIERI A. 2008-2009, *Studio di un'unità di crollo mediante fabric analysis: il caso dell'edificio romano di Posmon, lotto 14*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Padova.

- BENITO-CALVO A., MARTÍNEZ-MORENO J., JORDÁ-PARDO J.F., DE LA TORRE I., MORA TORCAL R. 2009, *Sedimentological and archaeological fabrics in Palaeolithic levels of the South-Eastern Pyrenees: Cova Gran and Roca dels Bous Sites (Lleida, Spain)*, «Journal of Archaeological Science», 36, 2566-2577.
- BENN D.I. 1994, *Fabric shape and the interpretation of sedimentary fabric data*, «Journal of Sedimentary Research», 64, 910-915.
- BERTRAN P., HÉTU B., TEXIER J.-P., VAN STEIJN H. 1997, *Fabric characteristics of subaerial slope deposits*, «Sedimentology», 44, 1-16.
- BERTRAN P., LENOBLE A. 2002, *Fabriques des niveaux archéologiques: méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques*, «Paleo», 14, 13-28.
- BERTRAN P., TEXIER J.-P. 1995, *Fabric Analysis: Application to Paleolithic sites*, «Journal of Archaeological Science», 22, 521-535.
- BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D., GIETL R. 2006, *L'utilizzo di voxel in campo archeologico*, «Geomatic Workbooks», 6 (<http://geomatica.com.polimi.it/workbooks/n6/list.php>; 17 novembre 2010).
- BREWER R., SLEEMAN J.R. 1960, *Soil structure and fabric. Their definition and description*, «Journal of Soil Science», 11, 172-185.
- BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G., TURSINA T., BABEL U. 1985, *Handbook for Soil Thin Section Description*, Albrighton (Wolverhampton), Waine Research Publication.
- BUSANA M.S., LARESE A. (eds.) 2008, *Indagini archeologiche su un edificio produttivo di età romana a Montebelluna, località Posmon*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 24, 26-32.
- BUSANA M.S., FRANCISCI D., LARESE A. c.s., *L'edificio produttivo romano di Montebelluna, loc. Posmon (Treviso): indagini 2009-2010*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 27, in corso di stampa.
- COLLINSON J.D., THOMPSON D.B. 1989², *Sedimentary Structures*, London, Unwin Hyman Ltd.
- CREMASCHI M., RODOLFI G. 1991, *Il suolo. Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio*, Roma, La Nuova Italia Scientifica.
- CURRAY J.R. 1956, *The analysis of two-dimensional orientation data*, «Journal of Geology», 64, 117-131.
- DIBBLE H.L. 1987, *Measurement of artifact provenience with an electronic theodolite*, «Journal of Field Archaeology», 14, 249-254.
- DIBBLE H.L., CHASE P., MCPHERRON S., TUFFREAN A. 1997, *Testing the reality of a "Living floor" with archaeological data*, «American Antiquity», 62, 629-651.
- FRANCISCI D. 2009, *Analisi di fabric in archeologia. Proposta di un metodo per la raccolta e l'elaborazione dei dati mediante GRASS PostGIS ed R*, in *X Meeting degli utenti italiani GRASS e GFOSS* (<http://gfoss2009.crs4.it/en/node/66>).
- FRANCISCI D. c.s., *Documentazione di scavo in open source: il caso di Montebelluna (TV)*, in L. BEZZI, D. FRANCISCI, P. GROSSI, D. LOTTO (eds.), *Atti del 3° Workshop Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica (Padova 2008)*, in corso di stampa.
- GIARDINO J.R., VITEK, J.D. 1988, *Interpreting the internal fabric of a rock glacier*, «Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography», 70, 15-25.
- GOLDBERG P., MACPHAIL R.I. 2006, *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Malden (Massachusetts), Blackwell Publishing.
- KIRBY R.P. 1969, *Till Fabric Analyses from the Lothians, Central Scotland*, «Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography», 51, 48-60.
- KUBIENA W.L. 1938, *Micropedology*, Ames (Iowa), Collegiate Press Inc.
- LENOBLE A., BERTRAN P. 2004, *Fabric of Palaeolithic levels: methods and implications for site formation processes*, «Journal of Archaeological Science», 31, 457-469.

- LENOBLE A., BERTRAN P., LACRAMPE F. 2008, *Solifluction-induced modifications of archaeological levels: simulation based on experimental data from a modern periglacial slope and application to French Palaeolithic sites*, «Journal of Archaeological Science», 35, 99-110.
- LEONARDI G. 1992, *Il deposito archeologico: bacini, processi formativi e trasformativi*, in G. LEONARDI (ed.), *Processi formativi della stratificazione archeologica. Atti del seminario internazionale Formation Processes and Excavation Methods in Archaeology: Perspectives (Padova 1991)*, Padova, Imprimatur, 13-47.
- MARDIA K.V. 1972, *Statistics of Directional Data*, London, Academic Press.
- McPHERRON S.J.P. 2005, *Artifact orientations and site formation processes from total station proveniences*, «Journal of Archaeological Science», 32, 1003-1014.
- McPHERRON S.J.P., DIBBLE H.L. 2007, *Artifact orientations from total station proveniences*, in A. FIGUEIREDO, G. LEITE VELHO (eds.), *The World is in your Eyes. Proceedings of the 33rd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference (Tomar 2005)*, Tomar (Portugal), CAAPortugal, 161-166.
- MILLAR S.W.S., NELSON F.E. 2001, *Clast Fabric in relict periglacial colluvium, Salamanca re-entrant, Southwestern New York, USA*, «Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography», 83, 145-156.
- ORTON C., TYERS P., VINCE A. 1993, *Pottery in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- RICCI LUCCHI F. 1980, *Sedimentologia. I. Materiali e tessiture dei sedimenti*, Bologna, CLUEB.
- SHERBON HILLS E. 1972², *Elements of Structural Geology*, London, Chapman & Hall.
- STOOPS G. 2008, *Micromorphology*, in W. CHESWORTH (ed.), *Encyclopedia of Soil Science*, Dordrecht, Springer, 457-466.
- WOODCOCK N.H. 1977, *Specification of fabric shapes using an eigenvalue method*, «Geological Society of America Bulletin», 88, 1231-1236.
- WOODCOCK N.H., NAYLOR M.A. 1983, *Randomness testing in three-dimensional orientation data*, «Journal of Structural Geology», 5, 539-548.

ABSTRACT

Fabric analysis in archaeology is the study of the spatial arrangement of a deposit through measurement of bearing and plunge angles of its singular components (natural and/or artificial) and through analysis of their mutual spatial relations and with the external environment. In recent years some archeologists (Lenoble, Bertran, McPherron, etc.) have developed a standard procedure for angular data collection and for statistical treatment of this information. The author proposes some conceptual and methodological innovations to improve this method: the application of fabric analysis to any historical and depositional context (in particular, anthropic contexts); the use of “ab plane” (instead of “a axis”) for measurement of bearing and plunge of clasts; the development of spatial analyses associated with traditional statistical treatments; the management of data through geodatabase and GIS directly connected to the statistical software. In the future, this method will need other improvements in order to provide more information about origins, causes, and dynamics that produced a specific deposit from fabric analyses.

